

国内初の消化ガス精製・自動車燃料 供給プラントの稼働実績

Japan's First Commercial Plant to Upgrade
Biogas for Use as Vehicle Fuel

——“ こうべバイオガスステーション ” 始動 ——



水処理事業部
技術部 汚泥処理室
小 山 忠 志
Tadashi Koyama
松 本 勝 生
Katsuo Matsumoto
技術開発本部
水・汚泥技術開発部 汚泥処理室
宮 本 博 司
Hiroshi Miyamoto

下水汚泥消化ガスを高圧水吸収法をもちいて精製することにより、メタン濃度97%に濃縮した天然ガスと同等の高品質な精製ガスがえられ、天然ガス自動車燃料としての利用が可能となる。当社は2008年2月末に国内初の消化ガス精製・自動車燃料供給プラントである「こうべバイオガス活用設備」を納入し、その引渡しを完了した。その後、1カ月間の試験供給を経て2008年4月より天然ガス自動車への燃料の本格供給を開始している。

With the water scrubber technology at an elevated pressure biogas from anaerobic digestion of sewage sludge is upgraded to 97% methane content. The upgraded biogas can be used as fuel for natural gas vehicles. Kobelco Eco-Solutions delivered Japan's first commercial plant to upgrade digester gas and finished commissioning in February 2008. The biogas filling station where upgraded biogas is refueled to natural gas vehicles started commercial operations on 1st April 2008.

Key Words :

| | |
|-----------------------|----------------------------|
| 下 水 汚 泥 | Sewage sludge |
| 消 化 ガ ス | Digester gas |
| 精 製 | Upgrading |
| 高 圧 水 吸 収 法 | Water scrubbing technology |
| 天 然 ガ ス 自 動 車 | Natural gas vehicle |
| シ ロ キ サ ン | Siloxane |
| バ イ オ ガ ス ス テ ー シ ョ ン | Biogas Filling Station |

【セールスポイント】

従来、消化ガスは発熱量などから、消化タンク加温用ボイラや焼却の補助燃料としてもちいられる以外は余剰ガス燃焼装置にて焼却処理をされていた。しかし、消化ガスはカーボンニュートラルなエネルギー源であり、バイオ天然ガス化設備で有効利用量を増やすことによって二酸化炭素排出量削減し地球温暖化防止に貢献できる。

ま え が き

消化ガスは、メタン約60 v/v %（以降、ガスの濃度を示すパーセントは v/v %とする）二酸化炭素約40%を主成分とする可燃性ガスであり、再生可能なバイオマスエネルギーである。神戸市東灘処理場では、従来この消化ガスを消化タンク（メタン発酵槽）

の加温と場内空調設備に利用してきたが、発生ガス量のうち1/3は余剰ガスとして焼却処分していた。

そこで、神戸市と当社は消化ガスの100%有効利用を目指して、2004年度より東灘処理場において共同研究を開始した。本研究では、消化ガスをメタン97%に精製する技術を実証し、その精製ガス（バ

表1 こうべバイオガスに求められていた性状

| 項目 | 単位 | 規格 | 備考 |
|-------|--------------------------------|-------|----------|
| メタン | % | 97以上 | D3~D6の合計 |
| 酸素 | % | 4未満 | |
| 硫化水素 | ppm | 0.1以下 | |
| 露点 | ℃ | -51以下 | |
| シロキサン | mg/m ³ _N | 1.0以下 | |

バイオ天然ガスと呼ぶ)を天然ガス自動車(NGV, CNG車)へ試験供給してきた。さらに、自動車試験機関における排ガスおよび動力テストでは、バイオ天然ガスと都市ガスでの有意な差がないことを確認した。また、これらのテストでは既存のCNG車に対して一切の改造は不要であった。

本実証実験の結果を踏まえて2006年度に受注した工事が2008年2月に完成し、CNG車に燃料を供給する「こうべバイオガスステーション」が4月より

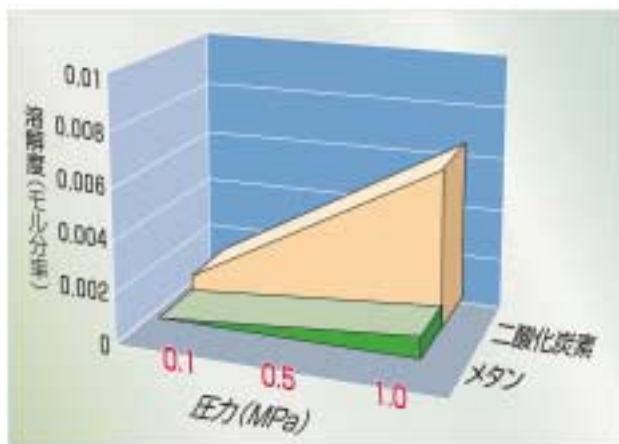


図1 加圧下におけるメタンガスと二酸化炭素の水への溶解度

供用を開始した。なお、こうべバイオガスに求められていた性状を表1に示す。

ここでは、消化ガスの精製技術(当社ではバイオ天然ガス化と呼ぶ)、東灘処理場の設備概要およびその運転状況を報告する。

1. 消化ガス精製技術(バイオ天然ガス化)

本設備の精製原理は高圧水吸収法を利用しており、図1に示すように圧力下では二酸化炭素の水への溶解度は急激に高くなるが、メタンガスの溶解度はほとんど変化しないという性質を利用している。

精製の様子を模式化したイメージを図2に示し、本技術を装置化した「バイオ天然ガス化設備」の詳細フローを図3に示す。本設備では、吸収塔下部が

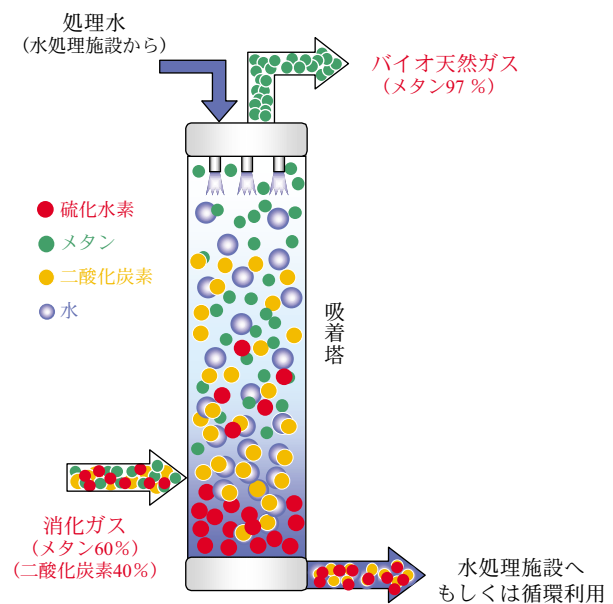


図2 高圧水吸収法の模式図(吸収塔内)

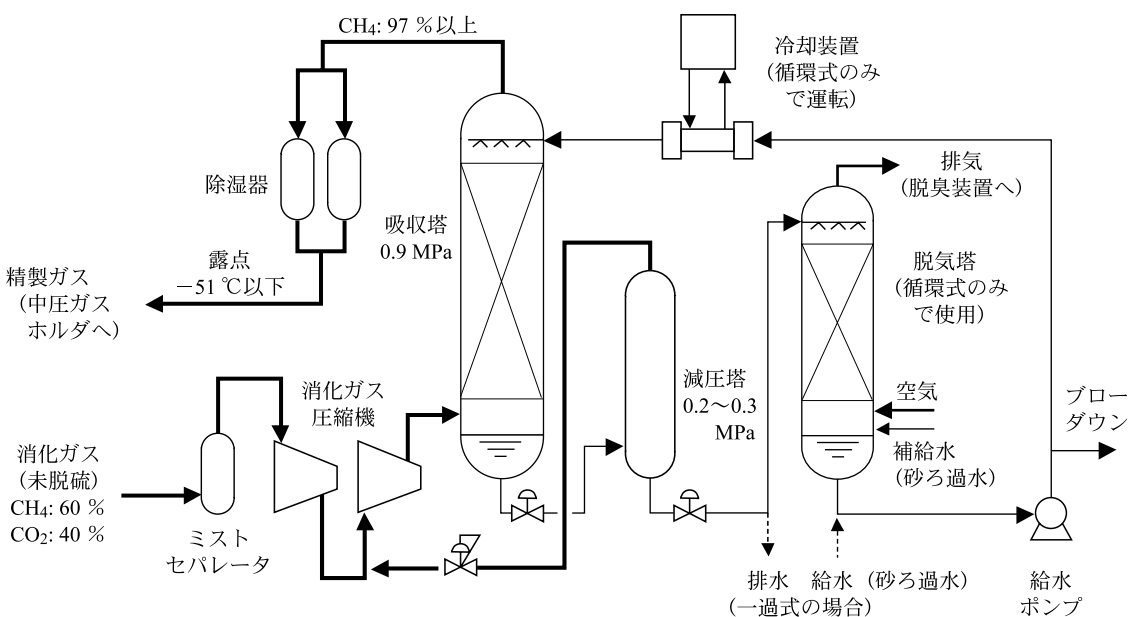


図3 消化ガス精製装置のフロー



写真1 ガス精製設備



写真2 ガスタンク設備

ら圧力を上昇させた消化ガス（0.9 MPa）を供給し、上部から精製用水を散水する。この吸収塔内部には水とガスを効率的に接触させるための充填剤が詰められており、対向流にて接触させることで二酸化炭素や不純物（硫化水素、シロキサン等）を選択的に水に吸収させ、吸収塔頂部からメタンガス濃度97%に精製したバイオ天然ガスをえる。

一方、精製に利用された用水は、減圧塔で圧力を



写真3 こうべバイオガスステーション

下げることで水にわずかに溶解したメタンを取り出し、このガスを再度吸収塔に戻すことでメタンガスの回収率は97%以上とすることが可能となっている。さらに、減圧後の用水を脱気塔の上部に導入し、水と大気を同様に対向流接触させることで、水に溶解した二酸化炭素を排出させ、精製用水は循環利用されている。

なお、本設備ではこの精製用水の循環利用の他、系外から全量用水の供給を受け一回の利用で系外に全て排出する一過利用の選択を可能な構造にしている。

2. 設備概要

東灘処理場における本設備は、主にガス精製設備（写真1）、ガスタンク設備（写真2）およびガス充填設備（こうべバイオガスステーション、写真3）から構成されている。消化タンクとこれら設備の関係をフローとして図4に示し、各設備の主要機器の仕様を表2にまとめる。

ガス精製設備の処理能力は、消化ガスの日最大発生量である15 000 m³/dに対応している。平均的には8 000 m³/dを想定しており、この場合約5 000 m³/dのバイオ天然ガスがえられる。東灘処理場では、この

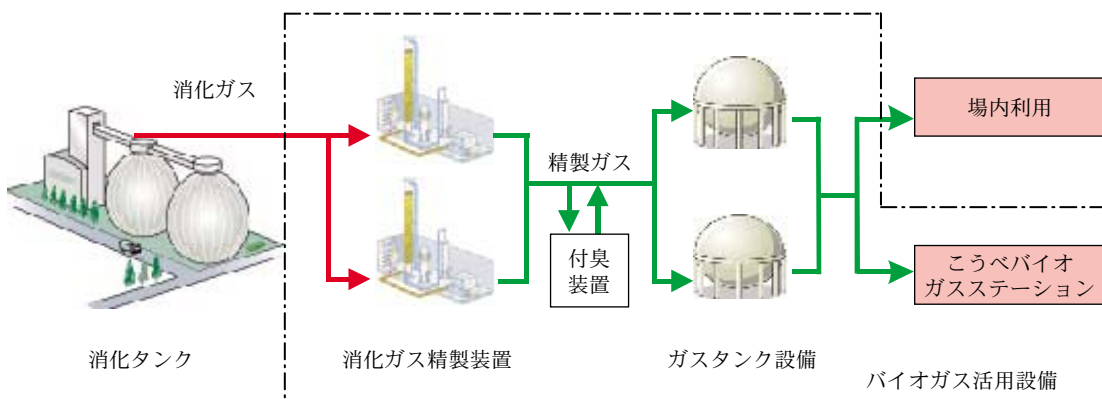


図4 設備全体フロー

表2 主要機器の仕様

| 設備名称/機器名称 | 仕様 |
|--------------------------------|---|
| ガス精製設備 | |
| 消化ガス精製装置 付臭装置 | 高圧水吸収法, 330 m ³ /h × 2 系列 蒸発式 |
| ガスタンク設備 | |
| 球形中圧ガスホルダ | 1 500 m ³ 相当 × 2 基 (0.8 MPa, 直径 φ 7.1m) |
| ガス充填設備 (こうべバイオガスステーション) | |
| 圧縮機ユニット | 300 m ³ /h × 24.5 MPa |
| 蓄ガス器ユニット | 250 L × 24.5 MPa × 12本 |
| ディスペンサー | 充填圧力19.6 MPa × 2 口 |

表3 実設備のガス分析結果

| | | 消化ガス (未脱硫) | 精製ガス (付臭後) |
|---------------------|--|---------------|---------------|
| メタン | % | 59.5 | 98.6 |
| 二酸化炭素 | % | 38.9 | <0.1 |
| 酸素 | % | <0.1 | 0.2 |
| 窒素 | % | 0.4 | 1.2 |
| 硫化水素 | ppm | 480 | <0.02 |
| 水分 | % | 1.2 | — |
| 露点 | ℃ | — | <-60 |
| シロキサン (D3~D6の合計) | mg/m ³ N | 12.6 | 0.014 |
| 高位発熱量 (計算値) | MJ/m ³ N kcal/m ³ N | 24.0 5 740 | 39.4 9 410 |
| 臭気濃度 | — | — | 3 000 |

内3 000 m³/d が場内で利用され、残りの2 000 m³/d (1日50 km 走行する大型路線バスで約40台分に相当) がこうべバイオガスステーションに供給可能となっている。

精製ガスは本来無臭であるが、天然ガス自動車の燃料として利用する場合、高圧ガス保安法の規定により、空气中に漏れた場合に臭いを検知できなければならない。その方式については、蒸発方式を採用し、付臭剤には石炭ガスの臭いのするテトラヒドロチオフェン (化学式: C₄H₄S) を使用している。

ガスタンク設備のガス貯留能力は、約3 000 m³としている。これは、利用するバイオ天然ガスを12時間分以上貯留ができる能力を有する。また、ガスタンク設備には大量のバイオ天然ガスを有するため、緊急時にガスの供給を遮断するために安全装置として緊急遮断弁を設けている。

こうべバイオガスステーションには、CNG 車にバイオ天然ガスを供給するために約24.5 MPa まで昇圧するための圧縮機ユニット (1 基) を設置している。圧縮量は、時間あたり300 m³ (1 日50 km 走行する大型路線バスで約6 台分に相当) となっている。また、こうべバイオガスステーションで給ガス



写真4 市民へのPR用にラッピングされた市バス

される市バスには、写真4に示したようにラッピングを施し市民にPRの実施をおこなっている。

3. 運転結果

本設備のガス分析結果を表3に示す。循環式の連続運転時のデータである。実証実験において策定した天然ガス自動車の燃料として利用する場合の精製ガス運転管理値 (表1) を、各成分とも満足している。下水特有の混入物であるシロキサンは99%以上の高い除去率がえられており、精製ガス中の濃度はきわめて低い値である。また、精製に要する消費電力は、消化ガス1 m³あたり0.36 kWh、精製ガス1 m³あたり0.63 kWhであった。これより、精製に要する電力は、精製ガスの保有エネルギーの6%程度であり、精製によるエネルギーロスは十分低い値である。

また、こうべバイオガスステーションのバイオ天然ガス供給実績は、4月で17 172 m³ (約570 m³/d)、5月で24 859 m³ (約800 m³/d)、6月では、約1 200 m³ (平日) と供給量は拡大している。

むすび

2008年4月1日に供用を開始したガスステーションで市バスをはじめとする天然ガス自動車の燃料としての利用が本格的に始まった。下水汚泥を原料とするバイオマスエネルギーは「カーボンニュートラル」であり、代表的な低公害車であるCNG車の燃料として利用すれば、化石燃料を削減でき二酸化炭素の削減に有効である。また、CNG車への利用のみならず用途拡大することで、さらなる二酸化炭素の削減に期待できる。

最後に、本工事を進めるにあたり、多大なご助言、ご協力をいただいた神戸市建設局下水道河川部、東水環境センターの関係各位に、深く感謝の意を表します。